

**MARIA AILDES DE FREITAS**

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE LINHAGENS OBTIDAS PELO  
MÉTODO DE DIHAPLOIDIZAÇÃO NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração: Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Dr. Pedro Ronzelli Júnior

CURITIBA  
2001



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
PRODUÇÃO VEGETAL

**PARECER**

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **MARIA AILDES DE FREITAS**, sob o título “**Capacidade de Combinação de Linhagens Obtidas pelo Método de Dihaploidização na Cultura do Milho**”, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Curitiba, 26 de Abril de 2001.

Dr. Pedro Mário de Araújo  
Primeiro Examinador

Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior  
Segundo Examinador

Dr. Joaquim Machado  
Terceiro Examinador

Professor Dr. Pedro Ronzelli Júnior  
Presidente da Banca e Orientador

## AGRADECIMENTOS

- A Deus pela imensa força espiritual, que nos é dada em cada dia para que consigamos superar todas as situações que nos é imposta e principalmente permite que aprendamos e possamos nos aprimorarmos cada vez mais.

- À minha mãe, que me concedeu a imensa permissão de viver.

- À minha família por todo incentivo, nos momentos difíceis.

- Ao meu colega Joaquim Machado, por ter sido o grande precursor, para esta conquista.

- Ao professor Pedro Ronzelli Júnior pela amizade, orientação e ensinamento transmitidos.

- Aos colegas de Pós Graduação, em especial ao Jorge, pela amizade, pelas dicas e conselhos técnicos.

- Aos pesquisadores do IAPAR, Nelson da Silva Fonseca Júnior e Pedro Mário Araújo, que com imensa boa vontade me auxiliaram na conclusão do trabalho.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

MARIA AILDES DE FREITAS, filha de José Soares de Freitas e de Maria das Dores Gonçalves de Freitas, nasceu em Montes Claros, Estado de Minas Gerais, aos 16 de dezembro de 1969. É mãe de um filho, João Edilson de Oliveira Filho.

Cursou o ensino de primeiro e segundo graus em Ponta Grossa, Paraná e em 1995 recebeu o grau de Engenheira Agrônoma, conferido pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

De 1995 à 2000 trabalhou para a empresa Zeneca Brasil. Em março de 1998 iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 TOP CROSS.....	3
2.2 CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO.....	3
2.3 TESTADORES.....	4
2.4 DIHAPLÓIDES.....	6
3 METODOLOGIA.....	9
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5 CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	30
ANEXOS.....	35

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1-	Análise conjunta de variância dos dados referentes as variáveis rendimento ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), altura de planta e altura de inserção de espiga (cm) dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .	19
TABELA 2 -	Média da variável rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .....	22
TABELA 3 -	Resultados médios das variáveis altura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), relação AIE/AP e sanidade foliar obtidos nos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .....	24
TABELA 4 -	Estimativas das capacidades geral e específica de combinação das linhagens dihaplóides, para rendimento de grãos ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .....	25
TABELA 5 -	Estimativas das capacidades geral e específica de combinação das linhagens dihaplóides, para altura de planta (cm), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .....	26
TABELA 6 -	Estimativas das capacidades geral e específica de combinação das linhagens dihaplóides, para altura de inserção de espiga (cm), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .....	27
TABELA 7 -	Estimativa da capacidade geral de combinação dos testadores $T_1$ e $T_2$ para as variáveis: rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), altura de planta (cm) e altura de inserção de espiga (cm), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .....	28

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Resultado da análise química do solo da área do Experimento 1, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR, 1999/2000 .....	9
QUADRO 2 - Resultado da análise química do solo da área do Experimento 2, Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .....	9
QUADRO 3 - Tratamentos dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000 .	11
QUADRO 4 - Escala de notas para avaliação da severidade de doença causada por <i>Puccinia sorghi</i> em milho .....	14
QUADRO 5 - Esquema da análise de variância individual realizada com as médias das parcelas, para delineamento fatorial .....	15
QUADRO 6 - Esquemas da análise de variância conjunta realizada com as médias dos dois locais, para delineamento fatorial .....	15

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Croqui do Experimento 1, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR, 1999/2000.....	12
FIGURA 2 -	Croqui do Experimento 2, Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000.....	13
FIGURA 3 -	Modelo matemático ajustado às médias dos cruzamentos para estimativa das capacidades geral e específica de combinação.....	17



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 -	Análise de variância dos dados referentes a rendimento de grãos, altura de planta e altura inserção de espiga, do Experimento 1, Estação de Pesquisa da Zeneca Sementes, Castro, PR, 1999/2000 ....	36
ANEXO 2 -	Análise de variância dos dados referentes a rendimento, altura de planta e altura inserção de espiga do Experimento 2, Fazenda Calógeras, Arapoti, PR. 1999/2000 .....	37

## RESUMO

Nove linhagens endogâmicas obtidas pelo método de dihaploidização foram submetidas a um *top cross* com dois testadores de base genética estreita e os híbridos simples foram avaliados em dois locais, na região dos Campos Gerais, PR. Este estudo teve por objetivo avaliar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) de linhagens obtidas pelo método de dihaploidização e verificar se elas são promissoras na obtenção de híbridos de milho comercialmente competitivos. Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados com três repetições, incluindo duas testemunhas comerciais, sendo as duas linhagens que compõem esses híbridos comerciais utilizadas como testadores. As parcelas foram constituídas de duas linhas de 5,0 m espaçadas de 0,80 m, cuja densidade populacional de plantas era de 62.000 plantas por hectare. As variáveis avaliadas foram: rendimento de grãos, altura de planta, altura de inserção de espiga e severidade da doença ferrugem comum (*Puccinia sorghi*). Estimaram-se os efeitos da CGC e CEC das linhagens dihaplóides. A análise conjunta de variância das variáveis estudadas mostrou efeitos altamente significativos ( $P < 0,01$ ) com relação à CGC das linhagens para todas as variáveis analisadas, entretanto para CGC dos testadores, efeitos significativos só foram observados para a variável rendimento de grãos e altura de inserção de espiga. O efeito significativo da capacidade específica de combinação foi manifestado apenas para altura de planta e altura de inserção de espiga. Na interação Local x Tratamentos foram verificadas diferenças altamente significativas para todas as variáveis analisadas, sendo assim, as médias obtidas em cada local foram submetidas a um teste de comparação de médias. Na interação Local x  $F_1$ 's houve diferenças altamente significativas para a CGC das linhas, sendo estas somente manifestadas para as variáveis rendimento de grãos e altura de inserção de espiga. Quanto a CGC dos Testadores x Local houve efeito significativo para altura de planta e altura de inserção de espiga. Quanto a CEC x Local não houve diferença significativa ( $P > 0,01$ ). Esses resultados indicam influência maior dos efeitos gênicos aditivos. As linhagens apresentaram comportamento diferenciado para cada variável analisada, para CGC os maiores efeitos foram das linhagens L1, L2, L3, L4 e L7 e o efeito da CEC apresentou os maiores valores nos cruzamentos L5 x  $T_1$  para rendimento de grãos, L3 x  $T_1$ , para altura de planta e L1 x  $T_2$  e para altura de inserção de espiga. A CGC dos testadores mostrou comportamento diferenciado entre as variáveis e entre os locais.

Palavras-chave: *Zea mays*, dihaplóides, capacidade combinatória, *top cross*, linhas endogâmicas

## ABSTRACT

Nine inbred lines obtained by dihaploidization, were evaluated in a top cross with two testers of narrow genetic bases and the single-cross hybrids were tested in two location, at the Campos Gerais region, PR. The objective was to examine the General Combining Ability (GCA) and the Specific Combining Ability (SCA) of the lines obtained by haploidization and to verify how promising they are to obtain commercial competitive maize hybrids. The experiments were settled in randomized complete block design with three replications, including two commercial controls, as being the lines that compose these commercial hybrids used as controls. The experimental plots consist of two 5.0 m rows spaced at 0.8 m, with 62,000 density plants per hectare. The variables estimated were grain yield, plant height, ear height and resistance of the disease common rust (*Puccinia sorghi*). General and specific combining ability effects (GCA and SCA) were determined for the doubled-haploids lines. The treatments combined analyses showed high statistic significance ( $P < 0.01$ ) to GCA. However, the GCA of the controls showed only significant effects for grain yield and ear high. The statistical significant effect of the SCA was only showed for the plant high and ear high. The interaction Location x Treatment showed high statistic significant differences for all analyzed variables. The Location x  $F_1$ 's interaction showed high statistic significant differences for GCA for grain yield and ear high. The GCA of Testers x Location showed statistic significant effects for the plant high and the ear high. The SCA x Location interaction did not present statistic significant differences ( $P < 0.01$ ). These results showed greater influence of the additive gene effects. The lines showed a different behavior for each analyzed variable, with the major effects for GCA obtained within the lines L1, L2, L3, L4 and L7 and for SCA obtained within the crosses L5xT<sub>1</sub> for grain yield, L3xT<sub>1</sub>, for plant hight, and L1xT<sub>2</sub> for ear high. The controls GCA showed different behavior among treatments and locations.

Key-words: *Zea mays*, double-haploids, combining ability, top cross, inbred lines

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho destaca-se no cenário mundial, não somente pela importância econômica da cultura mas também por sua importância científica, uma vez que muito tem contribuído para os estudos de citogenética e melhoramento das plantas alógamas (4, 43). Na década de 1920 a agricultura recebeu grande impulso devido à introdução do milho híbrido e, atualmente, com o mundo globalizado, o milho ganha importância cada vez maior pelo fato de ser um alimento básico nas dietas humana e animal, bem como por ser alimento de fácil aquisição. Nos últimos dez anos a produção do maior país produtor, Estados Unidos da América, teve um crescimento de 160 para 250 milhões de toneladas (11). No Brasil, a produção obtida em 1998 foi de mais de 29 milhões de toneladas, com um rendimento médio de  $2.764 \text{ kg.ha}^{-1}$  (36).

Com toda essa importância agregada à cultura, o milho híbrido é foco de diversos estudos por melhoristas do mundo todo. O trabalho que forneceu as informações científicas iniciais sobre a obtenção de milho híbrido foi proposto por Shull, quando foi delineado um esquema básico para a sua produção. O processo consiste em se obter linhagens endogâmicas por sucessivas gerações de autofecundação e, posteriormente, cruzá-las para obter a melhor combinação possível (52). Esse método tornou-se padrão nos programas de melhoramento sendo utilizado até hoje, porém, o maior entrave do método reside no tempo gasto para se obter linhagens em estado de homozigose e que sejam geneticamente uniformes, o que pode estender-se por cinco a oito anos, no caso de espécies anuais (2, 10, 59). Além disso, após a obtenção dessas linhagens homozigotas, ainda serão necessários, no mínimo, mais quatro anos para serem realizados os cruzamentos e a experimentação em diversos locais, avaliando assim o rendimento de grãos e a adaptação das linhagens em diferentes ambientes (10, 51, 59)

Atualmente, com os avanços progressivos na área da genética, os programas de melhoramento dispõem de diversas ferramentas que podem servir de suporte ao melhoramento convencional. A técnica da dihaploidização é um bom exemplo disso. Com ela é possível obter linhagens endogâmicas em menor tempo que o do melhoramento convencional (21). A dihaploidização é um método alternativo que permite a obtenção de linhagens completamente homozigotas partindo de uma duplicação individual do conjunto

cromossômico a partir de um indivíduo heterozigoto (10). Com a utilização da técnica da dihaploidização pode-se economizar tempo e aumentar a eficiência de seleção, comparativamente com os métodos convencionais, devido ao aumento da variabilidade genética aditiva, da ausência de dominância, da segregação dentro de famílias e da redução nos efeitos de variância ambiental proporcionadas (40).

O maior entrave para o sucesso do uso de genótipos dihaplóides (DH) reside na necessidade tanto da produção de um grande número de plantas dihaplóides, quanto de técnicas apropriadas que possam levar o material produzido à homozigose e estabilidade genética (48, 59). A técnica da dihaploidização tem sido utilizada com grande sucesso em diversas culturas, entre estas arroz, trigo e canola (10).

A segunda etapa na obtenção do milho híbrido é a avaliação final das linhagens por meio de cruzamentos. O teste de *top cross*, sugerido em 1927, para avaliação da capacidade de combinação das linhagens, onde o seu comportamento era observado pelo cruzamento dessas linhagens com um testador comum (16), foi consolidado e atualmente é muito utilizado (2, 4, 10, 33, 34, 59).

Os conceitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), propostos em 1942, deram maior direcionamento ao uso do *top cross*, por permitirem a definição dos testadores apresentando base genética de grande variabilidade ou pequena variabilidade (53). Um bom testador deve apresentar, como característica fundamental, simplicidade no uso e deve fornecer informações que classifiquem corretamente o mérito relativo das linhagens maximizando o ganho genético (33).

A maioria dos trabalhos realizados com genótipos dihaplóides, em milho, busca conseguir melhor metodologia para a obtenção de linhagens dihaplóides, ficando assim sem informações de qual seria o comportamento que tais linhagens teriam quando colocadas em *top cross*. O presente trabalho, considerando a existência de linhagens homozigóticas obtidas por dihaploidização tem por hipótese que linhagens dihaplóides (DH), quando selecionadas por suas CGC e CEC, são mais efetivas na obtenção de híbridos de milho, comercialmente competitivos. Portanto, o objetivo foi o de avaliar a capacidade de combinação geral e específica de linhagens obtidas pelo método de dihaploidização e verificar se essas são promissoras na obtenção de híbridos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TOP CROSS

A avaliação final de uma linhagem é feita com base no seu comportamento em híbridos (59). O teste de *top cross*, sugerido por Davis, como um método de avaliação da capacidade combinatória de linhagens em cruzamentos com variedades, para programas de melhoramento de milho (16), tem sido relatado por diversos pesquisadores (2, 10, 33, 34). Os resultados obtidos por Jenkins e Brunson, em 1932, confirmaram o método sugerido por Davis, pela comparação de linhagens em função do comportamento médio dessas, em vários híbridos simples (30). Outros pesquisadores citaram essa confirmação destacando as correlações obtidas entre produção das linhagens e dos híbridos (2, 58) com valores médios de capacidade de combinação variando entre 0,53 e 0,90 (2).

Outras pesquisas foram feitas, no sentido de viabilizar o uso do teste de *top cross* no programa de melhoramento de milho. Alguns métodos foram sugeridos para fazer a predição de híbridos duplos, reduzindo assim o número destes a serem empiricamente testados (28). Outros métodos, sugeriram o uso do *top cross* como alternativa para reduzir o número de linhas, que continuavam sendo avançadas nos programas de melhoramento (29, 54). A utilização do teste de *top cross* foi então consolidada, sendo hoje um método de significativa importância para a avaliação preliminar da capacidade de combinação do grande número de linhagens que são desenvolvidas pelos programas de melhoramento e, também, para conhecer o comportamento de linhagens elite em híbridos (2, 33, 59), principalmente quando os ensaios são conduzidos por vários anos e locais (33). Os detalhes dos procedimentos metodológicos da utilização do teste de *top cross*, definidos por Sprague em 1939, são descritos por Allard (2).

### 2.2 CAPACIDADE COMBINATÓRIA

A capacidade combinatória, geral ou específica, é terminologia inevitavelmente

associada à avaliação de linhagens, uma vez que é a medida dessa variável que, em última análise, produz informações sobre o valor genotípico das mesmas (43). Os conceitos de CGC e CEC definidos por Sprague e Tatum (53), têm sido relatados como utilizados no melhoramento de diversas espécies econômicas (33, 41). A CGC é definida como o comportamento médio de uma linhagem quando cruzada com várias outras, de tal modo que esteja associada à ação aditiva dos genes e a CEC é definida como o comportamento particular que uma linhagem apresenta quando cruzada com outra, de tal modo que seja resultante dos efeitos de dominância e epistasia ou da interação genótipo x ambiente (4,15, 43, 59). A principal diferença entre CGC e CEC tem sido atribuída à maior ou menor variabilidade do testador, apesar de serem indiferentemente utilizados para essas avaliações (33, 50).

O teste para capacidade de combinação de linhagens pode ser utilizado de duas formas. A primeira é uma forma de teste precoce de linhagens que permite que se avalie na etapa de início da seleção ( $S_0$ ) e, paralelamente, essas seriam mantidas no programa normal de sucessivas autofecundações (29). Com esse procedimento foi possível fazer um primeiro descarte de linhagens concentrando maiores esforços naquelas mais promissoras durante as gerações de autofecundações ( $S_1$  e  $S_2$ ), destacando-se maiores oportunidades para seleção dentro das linhas (54), e outros autores (33) demonstraram que a capacidade de combinação de linhagens apresentava razoável estabilidade durante as gerações de autofecundação no melhoramento. A segunda forma de utilização é a avaliação de linhagens em testes mais tardios, quando estas já se encontram em alto grau de homozigose, nas gerações  $S_5$  e  $S_6$ , apresentando como vantagem resultados de híbridos simples (4). A importância desses testes fez com que os efeitos de CGC e CEC fossem incluídos na descrição e na caracterização de uma linhagem em cruzamento (33). No programa de melhoramento do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) tem-se utilizado as capacidades de combinação geral e específica para estabelecer grupos heteróticos entre populações de milho e conjunto de genótipos (8, 14).

## 2.3 TESTADORES

Dentro do procedimento do teste de *top cross* é fundamental a escolha dos

testadores. Na seleção para CGC, o testador utilizado é uma população heterogênea de grande variabilidade genética, tais como variedades de polinização livre ou sintéticas. Quando o objetivo é avaliar a CEC, o testador utilizado deve ser um híbrido simples ou uma linhagem endogâmica (4, 33, 51, 43, 53, 58).

A escolha de testadores é um assunto muito discutido entre os pesquisadores e desde a adoção do cruzamento de linhagem x variedade para servir como teste para capacidade de combinação, outros tipos de testadores, além de variedades de polinização aberta, têm sido sugeridos como genitores nos testes de *top cross* (2). Estudos recentes sugerem que testadores de variabilidade genética estreita podem ser utilizados para identificar linhagens com boa CGC (33, 50). A busca da definição do que seria o melhor testador mostra a convergência nas definições das qualidades que o mesmo deve reunir (19, 49, 50), para obter a melhor discriminação entre as linhas sob teste, classificar corretamente o relativo desempenho delas, fornecer informações à respeito do comportamento esperado, quando as linhagens são cultivadas em outros ambientes e apresentar facilidade no que se refere ao seu manuseio (2, 4, 33, 34). A teoria que prevalece no que se refere ao estado do testador é que os testadores mais eficientes são os que apresentam menor frequência de alelos favoráveis. Um testador com menor frequência de alelos favoráveis permite a expressão, até mesmo na presença do efeito do gene dominante, dos alelos favoráveis presentes nas linhas sob teste (49).

A diferença na base genética dos testadores ( base larga x base estreita ), torna-se um problema nas diferenças das frequências do gene. Um testador de base larga apresenta frequências gênicas para diferentes *loci* variando de 0 até 1 e em um testador de base genética estreita, as frequências gênicas limitam-se a poucos valores. Independente do uso de testadores de base genética larga ou estreita, a seleção pode conduzir à mudança na média da população como resultado da seleção para efeitos aditivos dos genes. Portanto, quando se considera genótipos em uma população ou outros que estão sendo avaliados em testes de *top cross*, tem-se dificuldade para se distinguir entre a CGC e CEC e a expressão capacidade de combinação poderia ser usada em sentido mais amplo (33).

Informações não empíricas estavam disponíveis para que um testador ideal fosse encontrado, mas tornou-se evidente que cruzamentos de genótipos de origens não aparentadas apresentavam maior heterose que aquelas aparentadas. A evolução dos padrões heteróticos *Lancaster Sure Crop* e *Reid Yellow Dent* contribuiu muito na escolha de testadores. Esses padrões foram identificados nas bases de cruzamentos entre



linhagens desenvolvidas delas e foram explorados na produção do primeiro híbrido duplo, recebendo destaque especial como padrões heteróticos importantes nos híbridos simples da maior região produtora de milho dos Estados Unidos, o *Corn Belt*. Os padrões heteróticos *Reid Yellow Dent* e *Lancaster Sure Crop*, proporcionaram lógica na escolha do testador baseado na origem das linhagens. A origem do testador foi empiricamente determinada, mas os outros fatores na escolha do testador não foram resolvidos. Algumas decisões na escolha dos testadores incluem bom x mau testador, testadores aparentados x não aparentados, testadores de grande variabilidade x pequena variabilidade, e a relação entre a linhagem *per se* x performance dos híbridos *testcrosses* (34).

Atualmente, em programas de melhoramento comercial, têm sido utilizadas linhagens elite como testadores, porque dessa forma acredita-se ser possível identificar um híbrido simples comercial por um teste de *top cross*. Atualmente a produção de híbridos simples requer o uso de linhagens com maior superioridade agrônoma, vigorosas e produtivas, buscando dar maior ênfase na performance das linhagens *per se* em combinações para determinar seu fundamental uso em híbridos, por causa da pobre relação entre linhagens *per se* e a performance dos híbridos. (34).

## 2.4 DIHAPLÓIDES

A utilização de plantas dihaplóides em programas de melhoramento é uma técnica que se desenvolveu rapidamente e sempre foi muito desejada pelos pesquisadores. Os primeiros embriões haplóides, por meio da cultura de anteras, foram obtidos em *Datura innoxia* e esta técnica já foi empregada em mais de 247 espécies de plantas, 88 gêneros e 34 famílias (45). O princípio que envolve a técnica de dihaploidização é o mesmo utilizado pelo melhoramento convencional. Os gametas ou plantas dihaplóides são produzidos a partir de um indivíduo heterozigoto (10).

A ocorrência de dihaplóides em plantas pode acontecer de duas formas, natural ou induzida. Quando ocorre naturalmente, mecanismos de endomitose e endoreduplicação provocam a duplicação dos cromossomos nos tecidos (48). A duplicação induzida pode ocorrer quando os materiais são expostos a certos tratamentos químicos sendo o mais comumente utilizado a colchicina (10, 46, 48). A colchicina atua

inibindo a formação do fuso durante a divisão celular. Dessa forma, pode agir de maneira diferenciada em diferentes tipos de genótipos, nas primeiras mitoses dos micrósporos, dependendo do período de exposição. Essa pode ser uma das razões para serem encontrados diferentes níveis de poliploidização em genótipos divergentes (7, 42).

A duplicação espontânea do número de cromossomos para formar uma planta dihaplóide é extremamente baixa. Na cultura do milho essa duplicação está em torno de 0,001 a 0,010% (9) e a relação que existe para produção a partir da oosfera é de 1:1.000 e à partir do gameta masculino de 1:750.000. Na cultura da cevada a frequência é de 1 a 3% (26). Estudo realizado com *Brassica napus* demonstrou que as duplicações espontâneas podem ocorrer em até 30% dos indivíduos haplóides (22).

O uso de agentes químicos para induzir a dihaploidização pode levar a algumas mudanças genéticas, citológicas ou moleculares, porém, com uma taxa que não seria representativa (25). Entre as culturas e os métodos utilizados para dihaploidização existem variações nos resultados. No caso da cevada, haplóides derivados de micrósporos não apresentaram evidência de indução de mudanças citológicas, genéticas ou moleculares. Em análises citológicas de trigo observou-se que 90% do material dihaploidizado era citologicamente estável e os demais mostravam anormalidade estrutural e/ou numérica (17). O milho e o arroz são espécies diplóides que apresentam baixos níveis de anormalidades cromossômicas entre os dihaplóides (39).

As técnicas utilizadas para induzir a produção artificial de um indivíduo dihaplóide são as seguintes: a) hibridização distante, por exemplo, trigo x milho (9, 18, 37); b) aplicação de pólen irradiado (9); c) tratamento com reguladores de crescimento (9); d) cultura de anteras imaturas (10, 18, 47); e) cultura de óvulos (10); f) incorporação do alelo *ig* (gametofítico indeterminado) (13); g) cultura de microsporos isolados (3); e h) cultura de pólen (45).

Entre os métodos para obtenção de dihaplóides existe uma limitação que é gerada pela interação genótipo x método. Um exemplo bem clássico disso é o que ocorre na cultura da cevada, na Alemanha, onde é utilizada a técnica de cultura de anteras no programa de melhoramento. Para a cevada de inverno, a técnica de cultura de anteras, permite obter linhagens homozigóticas com eficiência, enquanto que o mesmo não ocorre com a cevada de primavera (42).

A produção de haplóides é uma tecnologia utilizada com muito êxito, em algumas culturas, onde destacam-se trabalhos realizados com trigo, cevada, brássicas, batata, milho e algodão (10). No Brasil o programa de melhoramento de trigo do Centro Nacional

de Pesquisa de Trigo (CNPT) da EMBRAPA recomendou a primeira variedade obtida por cultura de anteras, a BR 23, variedade esta adaptada ao clima úmido (20). Outras variedades estão sendo recomendadas e mostram alta produtividade quando comparadas com as obtidas pelo método tradicional (24). Na China, o plantio com variedades de arroz, obtido via cultura de anteras, atingiu área com mais de cem mil hectares (12).

Na cultura do milho, os trabalhos realizados com dihaplóides foram muitos. A produção de plantas de milho com a utilização da técnica de cultura de anteras têm sido mencionada na literatura desde 1974 (55). A partir de 1986, nos Estados Unidos, foram identificados genótipos com alto valor comercial e com boa capacidade de regeneração (6, 12, 46).

A metodologia de dihaploidização agrega grandes vantagens quando comparada com o melhoramento convencional. Entre elas pode-se destacar: a) economia de tempo; b) maior variância genética; c) melhor resposta à seleção em decorrência da homozigose; d) valor como teste eficiente para identificar cruzamentos promissores; e) facilidade na análise genética de pesquisas com marcadores moleculares; e f) redução de custos operacionais (23).

### 3 METODOLOGIA

Os experimentos foram instalados no ano agrícola de 1999/2000, na região dos Campos Gerais, PR. O Experimento 1 foi conduzido na Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, localizada no município de Castro, PR situada a 990 m de altitude, aproximadamente a 25° de latitude Sul e 49° de longitude Oeste. A classe do solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo. O resultado da análise química é apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1 – Resultado da análise química do solo da área do Experimento 1, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR, 1999/2000

pH	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC	P <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup>	V	Al
CaCl <sub>2</sub>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>						mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>	%	
5,2	0	52	46	20	2,8	115,8	59	84	55	0

<sup>1</sup> Determinação por resina de troca aniônica

<sup>2</sup> Matéria orgânica

O Experimento 2 foi conduzido na Fazenda Calógeras localizada no município de Arapoti, situado a 870 m de altitude, aproximadamente a 24° de latitude Sul e 49° de longitude Oeste. A classe de solo da área experimental do Experimento 2 é um Latossolo Vermelho-Amarelo. O resultado de sua análise química é apresentado no Quadro 2.

QUADRO 2 – Resultado da análise química do solo da área do Experimento 2, Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

pH	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC	P <sup>1</sup>	MO <sup>2</sup>	V	Al
CaCl <sub>2</sub>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>						mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>	%	
5,0	0	52	29	17	2,1	100,1	31	45	48	0

<sup>1</sup> Determinação por resina de troca aniônica

<sup>2</sup> Matéria orgânica

A semeadura dos experimentos foi realizada em áreas cujo sistema de plantio é o direto, sobre a palhada de aveia, em rotação de culturas soja-aveia-milho. Segundo a classificação de Köppen, as áreas experimentais apresentam clima do tipo Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, com verões amenos e geadas severas, ausência de estação seca, com precipitação média anual de 1569 mm e temperatura média anual de

20 °C (35).

Os experimentos foram instalados utilizando o delineamento de blocos ao acaso, com vinte tratamentos em arranjo fatorial, tendo três repetições. Cada parcela experimental foi constituída de duas fileiras de 5,0 m de comprimento e 0,8 m de largura, sendo que a área útil foi de 8,0 m<sup>2</sup>. A densidade populacional foi de aproximadamente 62.000 plantas por hectare.

Os genótipos que constituíram os tratamentos dos experimentos foram vinte híbridos (F<sub>1</sub>'s) provenientes da safra 1998/99. Nove eram linhagens endogâmicas que foram obtidas pelo método da dihaploidização e posteriormente foram submetidas a um *top cross* com dois testadores. As linhagens dihaplóides foram submetidas à seleção no campo, antes que fossem realizados os cruzamentos, para verificar a homogeneidade dentro das linhas. A estrutura genética da população original, da qual foram obtidas as linhagens dihaplóides, era a de um híbrido simples modificado, autofecundado, conduzido no campo até a geração S<sub>2</sub>. Em seguida, no período de safra normal, foram submetidas a avaliações no campo. As progênies totais foram duzentas, sendo selecionadas 10% das mais produtivas para recombinação. O método de seleção recorrente com base em linhagens S<sub>2</sub> foi aplicado por três ciclos, resultando em uma população de polinização aberta. Essa população foi o ponto de partida para a dihaploidização.

As duas linhagens que foram utilizadas como testadores para realizar o teste de *top cross* têm base genética estreita e são linhagens derivadas de dois grupos heteróticos distintos. O primeiro testador (T<sub>1</sub>) é uma das linhagens que constitui o híbrido comercial 8392 e o segundo testador (T<sub>2</sub>) é uma das linhagens que constitui o híbrido comercial 8480. Assim, foram usados como testemunhas dois híbridos simples comerciais, Z8392 (Te1) e Z8480 (Te2), que foram cedidos pela Companhia de Sementes Zeneca.

No período de 15 dias antes da semeadura, em ambos os experimentos, foram realizadas dessecações da cultura de inverno, com aplicação do herbicida sistêmico cujo princípio ativo é o Sulfozate, em dosagem de 720 g ia.ha<sup>-1</sup>, juntamente com o inseticida cujo princípio ativo é a Lambdacialothrina, na dosagem de 50 g ia.ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi realizada com um equipamento manual conhecido como matraca e o sistema de semeadura foi 2:1, sendo posteriormente realizado o desbaste, eliminando as plantas que apresentavam menor vigor assegurando assim o número de plantas ideal na parcela. A relação dos tratamentos dos Experimentos 1 e 2 é apresentada, no Quadro 3 e os croqui nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

QUADRO 3 – Tratamentos dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

TRATAMENTOS	CRUZAMENTOS <sup>(1)</sup> (Linhagem X Testador)	HÍBRIDOS <sup>(2)</sup>
1	L1xT1	ZCA899H001
2	L2xT1	ZCA899H002
3	L3xT1	ZCA899H003
4	L4xT1	ZCA899H004
5	L5xT1	ZCA899H008
6	L6xT1	ZCA899H010
7	L7xT1	ZCA899H011
8	L8xT1	ZCA899H013
9	L9xT1	ZCA899H015
10	L1xT2	ZCA899H038
11	L2xT2	ZCA899H039
12	L3xT2	ZCA899H040
13	L4xT2	ZCA899H041
14	L5xT2	ZCA899H045
15	L6xT2	ZCA899H047
16	L7xT2	ZCA899H048
17	L8xT2	ZCA899H050
18	L9xT2	ZCA899H052
19	Testemunha1(Te1) <sup>(3)</sup>	Z8392
20	Testemunha2(Te2) <sup>(4)</sup>	Z8480

(1) Cruzamentos entre as nove linhagens DH e os dois testadores

(2) Nome dado aos híbridos simples oriundos do cruzamento das linhagens DH e os dois testadores

(3) Testemunha 1 (Te1) híbrido comercial 8392

(4) Testemunha 2 (Te2) híbrido comercial 8480

O restante do manejo de plantas daninhas, no desenvolvimento da cultura, foi realizado com aplicações dos herbicidas com o princípio ativo Atrazina, em área total, e o princípio ativo Paraquat nas entrelinhas. No Experimento 1, na ocasião da semeadura, foi realizada adubação de base com o fertilizante químico formulado 08-20-20+1% Zn, em quantidade equivalente a 450 kg de NPK.ha<sup>-1</sup> e adubação de cobertura com 200 kg de uréia por hectare. No Experimento 2, na ocasião da semeadura, a adubação de base foi realizada com o fertilizante químico, formulado 10+20+20+1% Zn, na quantidade de 300 kg de NPK.ha<sup>-1</sup> e a adubação de cobertura foi feita também, com 200kg de uréia por hectare. A colheita foi realizada aos 182 dias (Experimento 1) e aos 169 dias (Experimento 2) após a semeadura.

Na parcela útil foram realizadas as seguintes avaliações: a) altura de planta; b) altura de inserção de espiga; c) umidade de grãos; d) peso da amostra de grãos, e) população de plantas; e f) severidade de doenças.



5m

0,4 0,2 0,4

Bordadura<sup>d</sup> 5m

Corredor 1m

320 319 318 317 316

18 4 8 11 15

311 312 313 314 315

17 14 6 20 12

310 309 308 307 306

10 16 2 19 1

301 302 303 304 305

7 13 3 5 9

Bordadura<sup>d</sup>

III Repetição

120 119 118 117 116 220 219 218 217 216

7 20 8 12 6 15 1 5 7 3

111 112 113 114 115 211 212 213 214 215

15 5 3 11 4 11 6 19 16 9

110 109 108 107 106 210 209 208 207 206

19 17 14 16 18 14 10 2 17 20

Corredor 1 m

101<sup>a</sup> 102 103 104 105 201 202 203 204 205

1<sup>b</sup> 9 13 10 2 12 18 13 4 8

I Repetição

II Repetição

Corredor 1 m

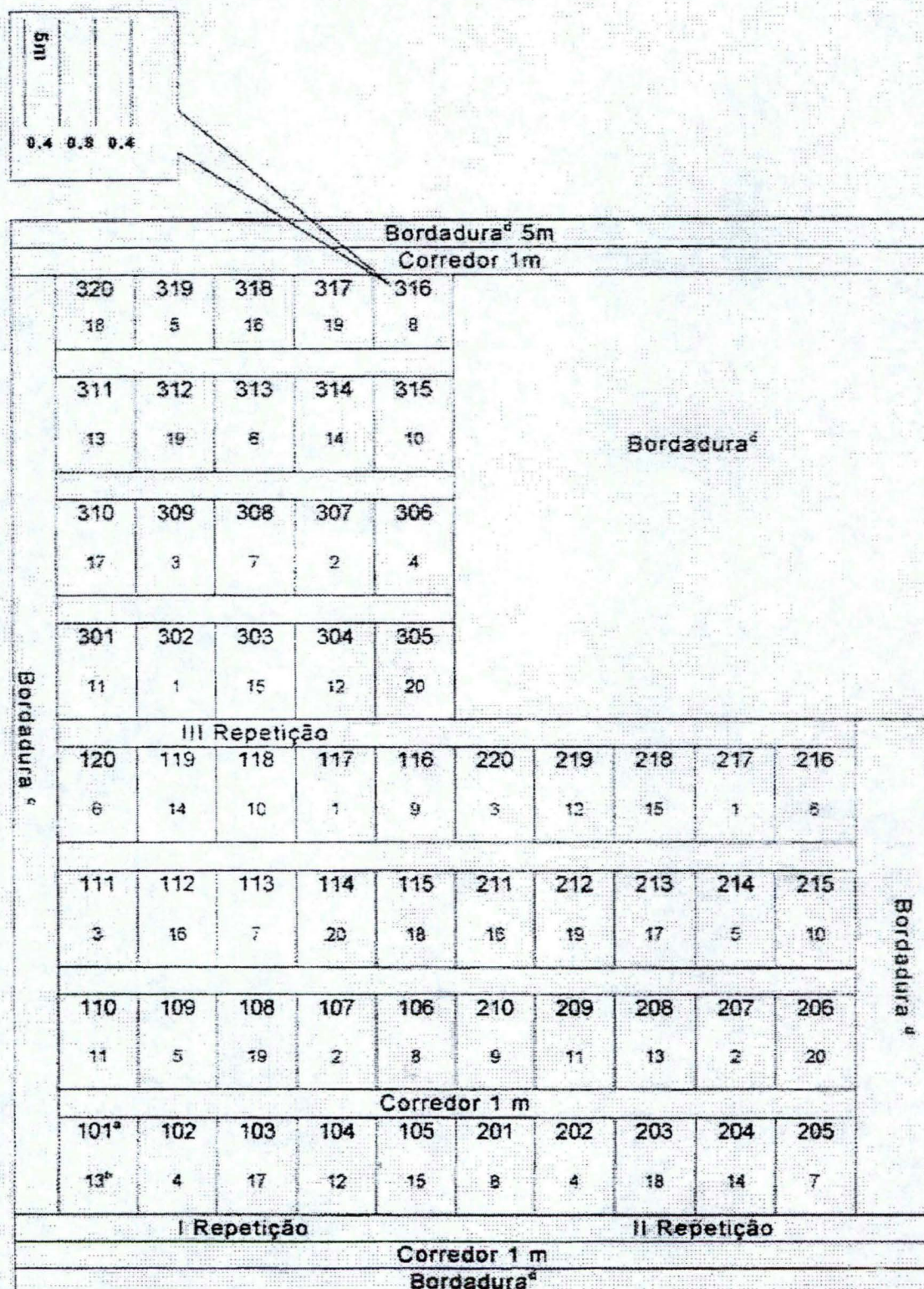
Bordadura<sup>d</sup>

Bordadura<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Número da parcela; <sup>b</sup> Número do tratamento; <sup>c</sup> ensaio como bordadura; <sup>d</sup> bordadura

FIGURA 1 – Croqui do Experimento 1, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR, 1999/2000





<sup>a</sup> Número da parcela; <sup>b</sup> Número do tratamento; <sup>c</sup> ensaio como bordadura; <sup>d</sup> bordadura

FIGURA 2 – Croqui do Experimento 2, Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000



Para as variáveis altura de planta e altura de inserção da espiga coletaram-se dados de cinco plantas, aleatoriamente, medindo-se a planta a partir do solo até a inserção da folha bandeira. A variável inserção de espiga foi medida tomando-se por base o solo até o ponto de inserção da espiga principal no caule da planta. A umidade de grãos foi medida com o uso do aparelho *Dick John's*. A variável rendimento de grãos foi avaliada pela extrapolação dos dados da produção total de grãos da parcela, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%. A avaliação da população foi realizada pela contagem do número de plantas nas duas linhas, sendo posteriormente utilizada a informação apenas para calcular a densidade de plantas total, ajustando assim o rendimento de grãos para  $\text{kg.ha}^{-1}$ . Para a avaliação da severidade de doenças foi utilizada a escala de notas adaptada de AGROCERES (1), que é subdividida em nove notas de acordo com a porcentagem de área foliar atingida (Quadro 4). A avaliação do nível de resistência das plantas à doença foi realizada no estágio  $V_9$  da cultura, sendo avaliada a doença causada pelo agente fúngico *Puccinia sorghi*, conhecida como ferrugem comum.

QUADRO 4 – Escala de notas para avaliação da severidade de doença causada por *Puccinia sorghi* em milho

Nota	Área foliar atingida (%)	Nível de Resistência
1	0	Muito alta
2	1	Alta
3	10	Alta
4	20	Média
5	30	Média
6	40	Média
7	60	Baixa
8	80	Baixa
9	>80	Muito baixa

Fonte: Adaptado de Agrocerees (1)

Os dados coletados no campo para as variáveis rendimento de grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga foram submetidos a análises de variâncias individuais e posteriormente foram avaliados em análise conjunta. Os esquemas das análises de variância individuais e conjunta para os dois experimentos são apresentados nos Quadros 5 e 6 respectivamente. Tais análises foram feitas com as médias dos tratamentos e dos locais, considerando-se os locais como aleatórios. Nesta análise a fonte de variação tratamentos e a interação Local x Tratamentos foram submetidas a

desdobramentos. Sendo Tratamentos desdobrados em Testemunhas, Testemunhas x Cruzamentos e Cruzamentos, os quais foram decompostos em CGC de testadores, CGC de linhagens e CEC Testadores x Linhagens.

QUADRO 5 – Esquema da análise de variância individual realizado com as médias das parcelas, para delineamento fatorial

FV	GL	QM	F	P(F)
Blocos	r-1	Q1	--	--
Tratamentos	n-1	Q2	Q2/Q3	
Testemunhas (8480/8392)	(2-1)=1	Q2.1	Q2.1/Q3	
Testemunhas x Cruzamentos	1	Q2.2	"	
Cruzamentos	(2i-1)	Q2.3	"	
CG Testadores	j-1	Q2.3.1		
CG Linhagens	i-1	Q2.3.2		
CE Testadores x Linhagens	(j-1)(i-1)	Q2.3.3		
Resíduo		Q3		
Total				

QUADRO 6 – Esquema da análise de variância conjunta realizada com as médias dos dois locais, para delineamento fatorial

FV	GL	QM	F	P(F)
Blocos	r-1	Q1	--	
Tratamentos	n-1	Q2	Q2/Q4	
Testemunhas		Q2.1		
Testemunhas x Cruzamentos		Q2.2	"	
Cruzamentos		Q2.3	"	
CG Testadores	j-1	Q2.3.1		
CG Linhagens	i-1	Q2.3.2		
CE Testadores x Linhagens	(j-1)(i-1)	Q2.3.3		
Local	(l-1)			
Local*Tratamentos	(n-1)(l-1)	Q3		
Local*Cruzamentos	(2i-1)(l-1)	Q3.1		
Local*Linhas (CG)	(i-1)(l-1)	Q3.1.1		
Local*Testador(CG)	(j-1)(l-1)	Q3.1.2		
Local*Linhas*Testador(CE)	(j-1)(i-1)(l-1)	Q3.1.3		
Local*Testemunhas	(t-1)(l-1)	Q3.2		
Local*(Cruzamento*Testemunhas)	(l-1).1	Q3.3		
Resíduo	l(n-1)(r-1)	Q4		
Total				

Os quadrados médios da interação Local x Tratamentos também foram desdobrados em Local x Testemunhas e Local x (Cruzamentos x Testemunha), Local x

Cruzamentos, sendo os quadrados médios da interação Local x Cruzamentos decomposta em Local x CGC das Linhas, Local x CGC do Testador e CEC do Local x Linhas x Testador.

Para o cálculo das CGC e CEC de cada linhagem para cada variável analisada, sendo que a estimativa da CGC de cada linhagem, em cada local foi obtida pela expressão:

$$li = \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}$$

onde

$li$  = CGC da linhagem

$\bar{y}_{i.}$  = valor médio da linhagem em cruzamento com os dois testadores.

$\bar{y}_{..}$  = média geral dos cruzamentos

De forma análoga, para os testadores a expressão utilizada para estimativa da CGC foi a seguinte:

$$\hat{t}_j = \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}$$

onde

$\hat{t}_j$  = CGC dos testadores

$\bar{y}_{.j}$  = valor médio das linhagens quando cruzadas com cada testador

$\bar{y}_{..}$  = média geral dos cruzamentos

O cálculo da CEC foi obtido por meio da seguinte expressão:

$$(\hat{t}_{ij}) = Y_{ij} - m - \hat{l}_i - \hat{t}_j$$

onde:

$\hat{l}_i$  = estimativa do efeito genotípico geral da linhagem i

$\hat{t}_j$  = estimativa do efeito genotípico geral do testador j

$(\hat{t}_{ij})$  = estimativa do efeito genotípico específico, inerente ao cruzamento ij

$m$  = média geral

O modelo matemático adequado às médias destes cruzamentos, de acordo com Vencosky e Barriga (48), tem o modelo matemático apresentado na Figura 3.

**Capacidade Geral de Combinação**

$$Y_{ij} = m + l_i + t_j + (lt)_{ij} + \overline{e_{ij}}$$

onde:

$Y_{ij}$  = média do híbrido entre a linhagem  $i$  e o testador  $j$

$i$  = linhagens dihaplóides (1,2,...,9) ;

$j$  = testadores (1,2) ;

$l_i$  = efeito genotípico geral da linhagem  $i$  ;

$t_j$  = efeito genotípico geral do testador  $j$  ;

$(lt)_{ij}$  = efeito genotípico específico, inerente ao cruzamento  $ij$

$m$  = média geral

$\overline{e_{ij}}$  = erro

**Capacidade Específica de Combinação**

$$(\hat{lt})_{ij} = Y_{ij} - m - \hat{l}_i - \hat{t}_j$$

onde:

$\hat{l}_i$  = estimativa do efeito genotípico geral da linhagem  $i$

$\hat{t}_j$  = estimativa do efeito genotípico geral do testador  $j$

$(\hat{lt})_{ij}$  = estimativa do efeito genotípico específico, inerente ao cruzamento  $ij$

FIGURA 3 – Modelo matemático ajustado às médias dos cruzamentos para estimativa das capacidades geral e específica de combinação (57)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância individual para cada local são apresentados nos Anexos 1 e 2. Observa-se nestes que a houve diferença com relação à fonte de variação blocos entre os locais para todas as variáveis. No Experimento de Castro não foram verificadas diferenças significativas entre blocos, o experimento apresentou um coeficiente de variação (CV) baixo (5,42%) para rendimento de grãos indicando assim que a área apresentava boa homogeneidade. No Experimento de Arapoti houve diferença significativa entre os blocos, este efeito de blocos, indica que o delineamento utilizado foi correto, apresentando um CV de 10,6% para a variável rendimento de grãos, este valor sugere que houve uniformidade dentro de cada bloco.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise de variância conjunta das variáveis estudadas nos Experimentos 1 e 2, quais sejam, rendimento de grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga. Observa-se, nesta tabela, que o efeito de Tratamentos mostrou-se altamente significativo ( $P < 0,01$ ) para todas as variáveis estudadas, o mesmo também foi verificado na interação Local x Tratamentos, onde as variáveis rendimento de grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga mostraram valores altamente significativos ( $P < 0,01$ ).

Quanto à variável rendimento de grãos, observou-se que o efeito de tratamentos é demonstrado tanto na comparação das Testemunhas x Cruzamentos, quanto nos Cruzamentos e que o efeito observado na CGC dos testadores e linhagens foi a razão desse efeito. Resultados semelhantes foram identificados por outros autores (31, 38, 41, 44) que observaram alta significância ( $P < 0,01$ ) para CGC. O valor do quadrado médio da CGC tanto para testadores quanto para linhagens foi maior que para a CEC (Testadores x Linhagens), indicando assim que os efeitos aditivos foram mais relevantes no controle desse caráter. A CGC para linhagens é de extrema importância para um programa de melhoramento e os resultados obtidos sugerem que esse grupo de nove linhagens apresentam bom comportamento médio em cruzamentos. Os resultados da CEC, mostrando a interação Linhagens x Testadores, não foram significativos ( $P > 0,01$ ), não havendo assim indícios de interações alélicas.

TABELA 1 – Análise conjunta de variância dos dados referentes às variáveis rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), altura de planta e altura de inserção de espiga (cm) dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

Fonte de Variação	Quadrados Médios			
	Graus de Liberdade	Rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )	Altura de Planta (cm)	Altura de Inserção de Espiga (cm)
Blocos	4	9,237**	413,54**	217,08**
Tratamentos	19	2,836**	206,70**	238,86**
Testemunhas	1	0,045	8,33	8,33
Testemunhas x Cruzamentos	1	6,211**	75,21	717,04**
Cruzamentos	17	2,802**	226,10**	224,29**
CG Testadores	1	16,340**	18,75	370,37**
CG Linhagens	8	2,630**	396,88**	346,93**
CE Testadores x Linhagens	8	1,281	81,25**	83,39**
Local	1	0,271	85.600,21**	19.253,33**
Local x Tratamentos	19	1,900**	76,52**	113,42**
Local x Cruzamentos	17	2,064**	64,77**	89,22**
Local x Linhas	8	3,082**	51,97	118,23**
Local x Testador	1	0,570	389,12**	300,00**
Local x Linhas x Testador	8	1,234	37,04	33,85
Local x Testemunhas	1	0,895	208,33**	75,00
Local x (Cruzamentos x Testemunhas)	1	0,107	144,47**	563,33**
Resíduo	760	0,742	26,48	24,10
Total	119			
Coeficiente de Variação %		8,58	2,54	4,46

\* = F significativo a 5% de probabilidade.

\*\* = F significativo a 1% de probabilidade.

Resultados contrários foram obtidos em outras pesquisas (31, 38, 41, 44), porém é necessário salientar que este resultado é específico para esse grupo de nove linhagens avaliadas. Essa não significância encontrada na CEC pode ter ocorrido por pelo menos duas razões. A primeira pelo fato das linhagens bem como dos testadores apresentarem alta frequência de alelos favoráveis e a segunda devido ao número reduzido de tratamentos testados. A bibliografia é farta em mostrar que, os melhores testadores são os que apresentam menor frequência de alelos favoráveis (19, 33, 49, 50). A capacidade de combinação de  $n$  materiais cruzados com um testador, geneticamente corresponde a  $\bar{C}_i - \bar{C} = (p_i - \bar{p})[\alpha + (1 - 2t)\delta]$  onde  $p$  é a frequência alélica média dos  $n$  materiais no dado loco, e  $t$  é a frequência no testador. Assim, a capacidade de combinação observada, será influenciada pela frequência alélica do testador e também pelos efeitos aditivos e de dominância. Quando a frequência do testador for  $t=0,5$  então  $(1-2t)\delta$  será igual à zero e  $\bar{C}_i - \bar{C} = (p_i - \bar{p})\alpha$  o que corresponde à CGC do material. Entretanto, para os valores de  $t$  diferentes de 0, 5,  $(1-2t)\delta$  não será necessariamente nulo e neste caso, a CGC será influenciada pela dominância gênica (49).

Na interação Local x Tratamentos, observou-se um efeito altamente significativo ( $P < 0,01$ ) e que a interação do Local x Cruzamentos foi a razão desse efeito. No desdobramento da interação Local x Cruzamentos observou-se que o efeito de significância foi apresentado apenas na CGC da Linhas x Local. Isto demonstra que as linhagens DH apresentam um comportamento diferenciado com relação a CGC das linhas, nos dois locais. Do ponto de vista do melhoramento, altos valores significativos, da fonte Local x Tratamentos não esclarecem a situação, essa interação é composta de duas partes: a primeira devido a variabilidade genética do material dentro dos ambientes e a segunda da falta de correlação do material de um ambiente para outro, sendo esta última a parte mais problemática de todo o processo (58). Uma das alternativas é o estudo dos efeitos de cada genótipo e cada ambiente, estimando-se o valor esperado e o desvio em relação a este para cada combinação de genótipo (27). Outra forma de se identificar a presença da interação é fazer um zoneamento ecológico e o plantio ou avaliação apenas nas áreas adaptadas (58).

Com relação a interação CEC x Local, para este grupo de linhagens testadas, não foi possível identificar diferenças significativas entre estas. Entretanto do ponto de vista do melhoramento, onde a avaliação visual do melhorista tem grande importância, analisa-se um conjunto de características que constituam um ideótipo de planta. Dessa forma,

mesmo não sendo possível verificar diferenças significativas, algumas linhagens apresentaram um ideótipo mais adequado, nos dois locais observados. Diversos resultados de pesquisas (33) demonstram que há um predomínio da CGC sobre a CEC, mesmo em genótipos que tenham sido previamente submetidos a seleção para CEC.

Na variável altura de planta o efeito de tratamentos foi verificado apenas nos cruzamentos e a razão desse efeito foi devido a CGC e a CEC das linhagens, que apresentaram valores altamente significativos ( $P < 0,01$ ). Na interação Local x Tratamentos, observou-se um efeito altamente significativo ( $P < 0,01$ ), sendo a razão desse proveniente do desdobramento do Local x Cruzamentos, Local x Testemunhas e da interação Local x (Testemunhas x Cruzamentos).

Quanto à variável altura de inserção de espiga observa-se que o efeito de tratamentos foi manifestado tanto na comparação das Testemunhas x Cruzamentos, quanto nos Cruzamentos, e que a CGC dos Testadores e das Linhagens e, ainda, a CEC foram a razão desse efeito. Na interação Local x Tratamentos, observou-se efeito altamente significativo ( $P < 0,01$ ) e a razão desse foi atribuída pela interação Local x Cruzamentos, Local x (Cruzamentos x Testemunhas). Na interação Local x Cruzamentos havendo uma significância apenas para as interações da Local x CGC. O quadrado médio para altura de planta e inserção de espigas foi menor para CEC do que para CGC, o que demonstra que os valores aditivos foram mais importantes no controle dessa característica. Pesquisas similares confirmam esse resultado, sugerindo que os efeitos de dominância são mais importantes para rendimento de grãos do que para altura de planta e inserção de espiga (33, 38, 44).

A CGC das linhagens mostrou-se maior que a CEC para todas as variáveis estudadas. Na decomposição da soma de quadrados de cruzamentos observa-se que a porção atribuída às variáveis, para CGC, foram de 44,18% para rendimento de grãos de grãos, 82,60% para altura de planta e 72,80% para altura de espiga.

De acordo com o apresentado na Tabela 1, as variáveis rendimento de grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga apresentaram diferenças altamente significativas para a fonte de variação Local x Tratamentos, sendo assim os dados médios das variáveis rendimento de grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga foram submetidos a um teste de *Tukey* para comparação das médias em cada local.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da variável rendimento de grãos nos Experimentos 1 e 2. Observa-se nesta tabela que no experimento de Castro, o híbrido comercial 8480 (Te2) foi o mais produtivo ( $11.231 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), superando em 10% a média do



experimento ( $10.337 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) porém não houve diferença estatística entre Te2 e quinze dos híbridos oriundos dos cruzamentos DH, sendo diferentes estatisticamente apenas os ZCA899H038, ZCA899H040 e ZCA899H041. O híbrido que apresentou a menor produtividade foi o ZCA899H041 ( $8.583 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), inferior em 17% à média do experimento.

TABELA 2 – Média da variável rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

Tratamentos	Rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )		Gm-Tr <sup>1</sup> (%)	
	Castro	Arapoti	Castro	Arapoti
ZCA899H001	10.788 ab <sup>2</sup>	10.405 ab	104	100
ZCA899H002	11.056 ab	10.919 ab	107	105
ZCA899H003	10.644 abc	10.331 ab	103	99
ZCA899H004	9.923 abcd	11.318 ab	96	108
ZCA899H008	10.715 ab	10.437 ab	104	100
ZCA899H010	10.765 ab	10.124 ab	104	97
ZCA899H011	10.931 ab	9.955 ab	106	95
ZCA899H013	11.090 ab	11.928 a	107	114
ZCA899H015	10.501 abc	11.162 ab	102	107
ZCA899H038	9.384 bcd	8.774 ab	91	84
ZCA899H039	10.948 ab	11.494 a	106	110
ZCA899H040	8.911 cd	9.995 ab	86	96
ZCA899H041	8.583 d	11.828 a	83	113
ZCA899H045	10.266 abcd	7.984 b	99	77
ZCA899H047	9.784 abcd	9.334 ab	95	89
ZCA899H048	9.774 abcd	10.177 ab	95	98
ZCA899H050	9.829 abcd	10.046 ab	95	96
ZCA899H052	10.625 abc	10.563 ab	103	101
8392	10.897 ab	11.267 ab	105	108
8480	11.321 a	10.765 ab	110	102
Média Geral	10.337	10.432		
Média dos Cruzamentos	10.251	10.376		
Coeficiente de Variação(%)	5,42	10,86		
Diferença Mínima Significativo	1,739	3,485		

<sup>1</sup> = Porcentagem em relação à média

<sup>2</sup> = Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade

Em Arapoti, a média do experimento para rendimento de grãos foi de  $10.432 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

O melhor desempenho foi apresentado pelo híbrido ZCA899H013 ( $11.928 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), proveniente do cruzamento da linhagem  $L8 \times T_1$ , com produtividade 14% acima da média do experimento. A menor produtividade foi obtida pelo híbrido ZCA899H045, ficando este 23% abaixo da média do experimento.

Não foram verificadas diferenças significativas entre o híbrido mais produtivo e os demais híbridos, incluindo as testemunhas, exceção só feita ao híbrido ZCA899H045, que diferiu estatisticamente dos demais híbridos. Os resultados obtidos em ambos os experimentos demonstraram o potencial dos híbridos DH, para rendimento de grãos, onde não houve em qualquer dos experimentos diferenças significativas entre as testemunhas e os híbridos DH. O posicionamento dos híbridos na classificação quanto a rendimento de grãos foi diferente para os dois locais. Esta diferença ocorreu devido a interação com o ambiente que apresentou condições diferentes de umidade, temperatura e solo. Os híbridos simples apresentam maior interação com o ambiente que outros tipos de híbridos (31, 33, 44, 56).

Para as variáveis altura de planta e altura de inserção de espiga as análises individuais de médias são apresentadas na Tabela 3. Considerando que do ponto de vista do melhoramento, esses caracteres devem ser relacionados (AIE/AP) (5), para efeito de discussão, serão discutidos os dados desta relação. A relação AIE/AP mostra que no Experimento 1, o híbrido ZCA899H040 apresentou a menor relação (0,44960 cm), e não diferiu estatisticamente dos híbridos ZCA899H003, ZCA899H038, ZCA899H045 e ZCA899H047. A média do experimento foi de 0,554 cm. No segundo ambiente, de acordo com o resultado apresentado na Tabela 3, houve diferença significativa apenas entre dois híbridos que apresentaram valores extremos de maior e menor relação AIE/AP, essa diferença foi verificada entre o híbrido ZCA899H040 (0,51907 cm), que foi diferente estatisticamente do híbrido ZCA899H015 (0,58059 cm). Na média do experimento a relação apresentou valor de 0,535 cm.

Na avaliação da severidade de doenças (Tabela 3), como era esperado, houve diferenças entre os dois ambientes testados. De acordo com a escala de avaliação utilizada (Quadro4) no Experimento de Castro o híbrido mais suscetível à ferrugem comum foi o ZCA899H040, com nota 7 e os híbridos que apresentaram resistência moderada (nota 4) foram os seguintes: ZCA899H001, ZCA899H004, ZCA899H008, ZCA899H010, ZCA899H015 e ZCA899H047. As duas testemunhas apresentaram valores moderados em Castro, (nota 5 para Te1 e 6 para Te2).

TABELA 3- Resultados médios das variáveis altura de planta, altura de inserção da espiga e relação altura de planta/altura de inserção de espiga sanidade foliar obtidos nos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR - Safra 1999/2000.

Tratamentos	AIE/AP <sup>1</sup>		Altura de planta (cm)		EIE <sup>2</sup> (cm)		PS <sup>3</sup>	
	Castro	Arapoti	Castro	Arapoti	Castro	Arapoti	Castro	Arapoti
ZCA899H001	0,56649 abc	0,56984 ab	238 a	178 a	135 ab	102 a <sup>4</sup>	4	3
ZCA899H002	0,56429 abcd	0,54632 ab	233 ab	180 a	132 abcd	98 a	5	2
ZCA899H003	0,50709 def	0,55238 ab	228 abcd	175 ab	115 efg	97 a	5	2
ZCA899H004	0,57327 ab	0,56022 ab	227 cde	175 ab	130 abcde	98 a	4	3
ZCA899H008	0,53827 abcde	0,55518 ab	238 a	180 a	128 abcdef	100 a	4	3
ZCA899H010	0,54412 abcde	0,56194 ab	227 cde	163 ab	123 bcdefg	92 a	4	3
ZCA899H011	0,51938 bcde	0,57942 ab	215 ab	158 b	112 gh	92 a	5	3
ZCA899H013	0,51804 bcde	0,55144 ab	228 cde	178 a	118 cdefg	98 a	5	3
ZCA899H015	0,54935 abcde	0,58059 a	237 ab	175 ab	130 abcde	103 a	4	2
ZCA899H038	0,50709 cdef	0,54605 ab	227 bcd	180 a	115 efg	98 a	5	4
ZCA899H039	0,56429 abcd	0,56537 ab	233 ab	180 a	132 abcd	102 a	6	3
ZCA899H040	0,44960 f	0,51907 b	215 e	177 ab	97 h	92 a	7	4
ZCA899H041	0,57138 ab	0,55676 ab	222 cde	177 ab	127 abcdefg	98 a	5	5
ZCA899H045	0,48936 ef	0,54129 ab	238 a	182 a	117 defg	98 a	5	4
ZCA899H047	0,50725 cdef	0,53284 ab	227 cde	182 a	115 efg	97 a	4	3
ZCA899H048	0,51938 bcde	0,54370 ab	218 de	172 ab	113 fg	93 a	5	2
ZCA899H050	0,51836 bcde	0,56604 ab	228 abcd	183 ab	118 cdefg	100 a	6	4
ZCA899H052	0,53505 abcde	0,53706 ab	237 ab	180 a	127 abcdefg	97 a	6	3
8392	0,57555 ab	0,55504 ab	232 abc	180 a	133 abc	100 a	5	4
8480	0,58732 a	0,56935 ab	238 a	170 ab	140 a	97 a	6	4
Média Geral	0,554	0,535	229	176	123	98	5	3,2
Média Cruzamentos	0,554	0,529	228,667	176,3889	121,333	97,5		
Diferença Mínima Significativa	0,0618	0,064	10,671	19,908	16,63	13,705		
Coefficiente de variação %	3,76	3,57	1,50	3,65	4,36	4,53		

<sup>1</sup> = Relação entre altura de inserção de espiga / altura de planta

<sup>2</sup> = Altura de inserção da espiga

<sup>3</sup> = Nota de avaliação referente a resistência à *Puccinia sorghi*

<sup>4</sup> = Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade

No Experimento 2 houve baixa severidade da doença, com notas variando de 2 até 5, provavelmente devido ao baixo potencial de inóculo existente nessa área, não sendo possível discriminação muito precisa entre os híbridos. Entretanto, de acordo com os dados obtidos, o material mais suscetível foi o híbrido ZCA899041, com nota 5. Os demais híbridos ficaram com notas que variaram de 2 até 4 (resistência de média à alta).

As estimativas dos efeitos das CGC e CEC, para rendimento de grãos obtidas nos dois experimentos, são apresentadas na Tabela 4. Altos valores das estimativas da CGC e CEC ( com sinal + ou - ), indicam genótipos melhores ou piores que os restantes, com os quais são comparados. Estes valores, portanto, indicam a importância dos genes de efeitos predominantemente aditivos e dominantes (53).

TABELA 4 - Estimativas das capacidades geral e específica de combinação das linhagens dihaplóides, para rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

Linhagens	CGC		CEC			
	Castro	Arapoti	Castro		Arapoti	
			T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
L1	-164,8	-786,7	240,6	-240,6	461,1	-461,1
L2	750,9	830,0	-407,6	407,4	-642,2	642,2
L3	-473,3	-213,2	405,1	-405,1	-187,0	187,0
L4	-998,3	1.196,8	208,4	-208,4	-609,7	609,7
L5	239,9	-1.166,0	-237,1	237,1	871,8	-871,8
L6	23,5	-647,4	28,6	-28,6	40,1	-40,1
L7	101,7	-310,5	116,7	-116,7	-465,7	465,7
L8	208,5	610,6	169,2	-169,2	586,5	-586,5
L9	312,0	486,3	-523,9	523,9	-54,9	54,9

Observando os resultados da Tabela 4, no Experimento de Castro, a linhagem L2 ( $750,9 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), apresentou o maior efeito positivo para CGC. O maior efeito negativo foi apresentado pela linhagem L4 ( $-998,3 \text{ kg.ha}^{-1}$ ). No Experimento 2, inversamente ao Experimento 1, a linhagem L4 ( $1.196,8 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) apresentou o maior efeito positivo para CGC e o maior efeito negativo foi apresentado pela L5 ( $-1.166,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ ).

As estimativas dos efeitos da CEC são interpretados como o desvio do comportamento de uma combinação híbrida, em relação ao que seria esperado com base na CGC. Altos valores para CEC indicam que algumas combinações podem ser

relativamente melhores ou piores que o esperado, baseando-se na média das linhas envolvidas. Portanto, é possível afirmar que a CEC possui grande dependência de genes com efeitos dominantes (44). Os resultados obtidos para as estimativas da CEC para linhagens dihaplóides, apresentadas também na Tabela 4 demonstram que no Experimento 1 o cruzamento específico da linhagem 9 com o testador 2, apresentou o maior efeito positivo (523,9 kg.ha<sup>-1</sup>). O maior efeito negativo foi resultante do cruzamento da mesma linhagem com o testador 1 (-523,9 kg.ha<sup>-1</sup>).

No Experimento de Arapoti, o maior efeito positivo foi encontrado no cruzamento da linhagem 5 com o testador 1 (871,8 kg.ha<sup>-1</sup>) e, inversamente, ou seja o maior efeito negativo, quando a mesma linhagem foi cruzada com o testador 2 (-871,8 kg.ha<sup>-1</sup>). Linhagens que apresentam alta CEC são de grande interesse no melhoramento, que atualmente busca obter melhores combinações híbridas em menor espaço de tempo.

As estimativas dos efeitos da CGC e CEC para a variável altura de planta são apresentadas na Tabela 5.

TABELA 5 - Estimativas das capacidades geral e específica de combinação das linhagens dihaplóides, para altura de planta (cm) dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

Linhagens	CGC		CEC			
	Castro	Arapoti	Castro		Arapoti	
			T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
L1	3,7963	3,1481	4,3519	-4,3519	1,4815	-1,4815
L2	4,6296	3,9815	-1,4815	1,4815	2,3148	-2,3148
L3	-7,0370	-0,1852	5,1852	-5,1852	1,4815	-1,4815
L4	-4,5370	-0,1852	1,0185	-1,0185	1,4815	-1,4815
L5	9,6296	4,8148	-1,4815	1,4815	1,4815	-1,4815
L6	-2,0370	-3,5185	-1,4815	1,4815	-6,8519	6,8519
L7	-12,0370	-11,0185	-3,1481	3,1481	-4,3519	4,3519
L8	-0,3704	1,4815	-1,4815	1,4815	3,1481	-3,1481
L9	7,9630	1,4815	-1,4815	1,4815	-0,1852	0,1852

Para CGC das linhagens, no Experimento 1, a linhagem L7 apresentou a melhor combinação geral (-12,037 cm) e a linhagem L5 a pior combinação geral (9,6296 cm). No Experimento de Arapoti a melhor combinação geral foi também apresentada pela linhagem

L7 (-11,0185 cm) e a pior pela linhagem L5 (9,6296 cm). As estimativas da capacidade específica das linhagens, para a variável altura de planta, em Castro, apresentaram o melhor comportamento específico do cruzamento da linhagem L3 com o testador 2 (-5,1852 cm). O resultado obtido em Arapoti, mostrou a melhor combinação específica da linhagem 6 (-6,8519 cm) com o testador 1.

Na Tabela 6, os resultados de estimativa da CGC, para a variável altura de inserção de espiga, demonstraram que, no experimento de Castro o melhor efeito da CGC foi obtido pela linhagem L3 (-15,4630 cm) e o pior efeito foi obtido pela linhagem L2. (10,3704 cm).

TABELA 6 - Estimativas das capacidades geral e específica de combinação das linhagens dihaplóides para altura de inserção de espiga (cm), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

Linhagens	CGC		CEC			
	Castro	Arapoti	Castro		Arapoti	
			T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
L1	3,7037	2,5926	6,4815	-6,4815	1,4815	-1,4815
L2	10,3704	2,5926	-3,5185	3,5185	-1,8519	1,8519
L3	-15,4630	-3,2407	5,6481	-5,6481	2,3148	-2,3148
L4	7,0370	0,9259	-1,8519	1,8519	-0,1852	0,1852
L5	1,2037	1,7593	2,3148	-2,3148	0,6481	-0,6481
L6	-2,1296	-3,2407	0,6481	-0,6481	-2,6852	2,6852
L7	-8,7963	-4,9074	-4,3519	4,3519	-1,0185	1,0185
L8	-2,9630	1,7593	-3,5185	3,5185	-1,0185	1,0185
L9	7,0370	1,7593	-1,8519	1,8519	2,3148	-2,3148

No Experimento de Arapoti o melhor efeito foi obtido pela linhagem L7 (-4,9074 cm) e o pior efeito foi apresentado pelas linhagens L1 e L2 (2,5926 cm). A CEC, para altura de inserção de espiga, no Experimento de Castro, apresentou o maior efeito quando a linhagem L1 foi cruzada com o testador 2 (-6,4815 cm). Para o Experimento de Arapoti o melhor cruzamento específico foi aquele resultante do cruzamento da linhagem L6 com o testador 1 (-2,6852 cm).

Na Tabela 7, encontram-se as estimativas dos efeitos da estimativa da CGC dos testadores, para os Experimentos de Castro e Arapoti. Os valores obtidos para as variáveis rendimento de grãos e altura de inserção de espiga, foram diferentes quanto aos

testadores utilizados, entre as variáveis e entre os locais dentro das variáveis. Assim, para a variável rendimento de grãos, o testador 1 mostrou-se superior ao testador 2, nos dois experimentos analisados. Com relação à variável altura de planta, entretanto observou-se diferença de comportamento dos testadores entre os locais, apresentando o testador 1 melhor efeito no Experimento de Arapoti e o testador 2 no Experimento de Castro. Essa diferença verificada, entre os dois locais, pode ser devido ao estresse hídrico ocorrido no Experimento de Arapoti, como já mencionado anteriormente. Para a variável altura de inserção de espiga, o testador 2 mostrou-se superior ao 1, em ambos os locais.

TABELA 7 - Estimativa da capacidade geral de combinação dos testadores  $T_1$  e  $T_2$ , para as variáveis: rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), altura de planta (cm), altura de inserção de espiga (cm), dos Experimentos 1 e 2, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR e Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

Testadores	Rendimento de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )		Altura de Planta (cm)		Altura de Inserção de Espiga (cm)	
	Castro	Arapoti	Castro	Arapoti	Castro	Arapoti
$T_1$	461,6	354,7	1,4815	-2,3148	3,5185	0,1852
$T_2$	-461,6	-354,7	-1,4815	2,3148	-3,5185	-0,1852

## 5 CONCLUSÕES

Nas linhagens dihaplóides há um predomínio da capacidade geral de combinação sobre a capacidade específica, para todas as variáveis estudadas, mostrando assim maior relevância dos efeitos gênicos aditivos.

As linhagens dihaplóides apresentam efeito positivo com relação as capacidades geral e específica, para rendimento de grãos , altura de planta e inserção de espiga, indicando que estas podem ser promissoras na obtenção de híbridos comerciais.



## 6 REFERÊNCIAS

1. AGROCERES. **Guia Agroceres de Sanidade**. São Paulo: Agroceres, 1994. 64p.
2. ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Editora Edgard Blüsher Ltda. 1971. 381p.
3. AFELE, J. C.; KANNENBERG, L. W. Genetic studies of corn (*Zea mays*), anther culture response. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v.80, p.459-64, 1990.
4. ARAÚJO, P. M.; PATERNIANI, E. Melhoramento de plantas alógamas. In: DESTRO, D.; MONTALVAN, R. (Coord.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Editora UEL, 1999. p. 299-343.
5. ARAÚJO, P. M. **Dialelo parcial circulante interpopulacional e cruzamento de top cross na avaliação de linhagens parcialmente endogâmicas de milho**. Piracicaba, 2000. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Genética e Melhoramento) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrônoma, Setor de Genética e Melhoramento, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
6. BAENZIGER, P. S. Reflections on doubled haploids in plant breeding. In: JAIN, S. M.; SOPORY, S. K.; VEILLEUX, R. E. (Coord.). **In vitro haploid production in higher plants**. London: Editora Kluwer Academic Publishers, 1996. p. 35-48, Volume I.
7. BARCELÓ, P.; CABRERA, A. C.; HAGEL, C.; LÖRZ, H. Production of doubled-haploid plants from *Tritordeum anther* culture. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v.87, p. 741-745, 1994.
8. BECK, D. L.; VASAL, S. K.; CROSSA, J. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germplasm. **Maydica**, Bergamo, v.35, p. 279-285, 1990.
9. BHOJWAMI, S. S. ; RAZDAN, M. K. **Plant tissue culture: theory and practice**. Elsevier, 1983. 502p.
10. BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. 453p.
11. BRANDALIZE, W. Impacto do milho no *agribusiness*. In: SANDINI, I. E.; FANCELLI, A. L. (Coord.). **Milho estratégias de manejo para região Sul**. Guarapuava: ESALQ, 2000, p. 179-186.
12. CHU, C. C.; WANG, C. C.; SUN, C. C.; HSU, C.; YIN, K. C.; CHU, C. Y.; BI, F. Y. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. **Scientia Sinica**, Donghuangchenggen Deijiev, v.18, p. 659-668, 1975.

13. COUMANS, M. P.; SOHOTA, S.; SWANSON, E. B. Plant development from isolated microspores of *Zea mays* L. **Plant Cell Reports**, Berlim, v.7, p. 618-21, 1989.
14. CROSSA, J.; VASAL, S. K.; BECK, D. L. Combining ability estimates of CIMMYT's tropical late yellow maize germplasm. **Maydica**, Bergamo, v.35, p. 273-278, 1990.
15. CRUZ, C. D; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, p. 245-438, 1989.
16. DAVIS, R. L. **Report of the plant breeder**. Annual report of Puerto Rico Experimental Station for 1927. Rio das Pedras: Puerto Rico Experimental Station. p. 14-15, 1929.
17. DE BUYSER, J.; HENRY, Y.; TALEB, G. Wheat androgenesis: cytological analysis and agronomic performance of doubled haploids. **Journal of Plant Breeding**, v.95, n.1, p. 23-34, 1985.
18. DUNWELL, J. M. Anther and ovary culture. In: BRIGHT, S. W. J. & JONES, M. G. K (ed). **Cereal tissue and cell culture**. p. 1-44. 1985.
19. ELIAS, H. T; CARVALHO, S. P.; ANDRÉ, C. G. M. Comparação de testadores na avaliação de famílias S<sub>2</sub> de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p. 1135-1142, 2000.
20. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Relatório Técnico do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo 1981-1991**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ, 1993.
21. FERREIRA, M. E; CALDAS, L. S.; PEREIRA, A. E. Aplicações da cultura de tecidos no melhoramento genético de plantas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S; BUSO, J. A. (Coord.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA, volume I, 1988. p. 21-43.
22. FERREIRA, M. E.; WILLIAMS, P. H.; OSBORN, T. C. RFLP mapping of *Brassica napus* using doubled haploid lines. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v.89, p. 615-621, 1994.
23. FERNANDES, M. I. B. M.; STIVAL, A. N.; BRAMMER, S. P.; GRANDO, M. F. Haploidização: genética e melhoramento. In: TORRES, A. C., CALDAS, L. S, BUSO, J. A. (Coord.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA, volume II, 1988. p. 613-650.
24. FERNANDES, M. I. B. M.; CAETANO, V. R. Cultura de anteras para obtenção de haplóides no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, **ABCTP Notícias**, Passo Fundo, v.8, p.5, 1988.
25. FINNIE, S. J.; FORSTER, B. P.; CHALMERS, K. J. Genetic stability of microspore-derived doubled haploids of barley: a cytological, biochemical, and molecular study. **Genome**, v.34, p. 923-928, 1991.

26. FLOH, E. I.; HANDRO, W. Haplóides: obtenção e aplicação. In: CROCOMO, O.J.; SHARP, W. R.; MELO, M. (Coord.). **Biotecnologia para a produção vegetal**. Piracicaba, 1991. p. 463-79.
27. FONSECA JÚNIOR, N. S. Interação genótipos ambiente: aspectos biométricos. In: DESTRO, D.; MONTALVAN, R. (Coord.). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Editora UEL, 1999. p. 141-178.
28. JENKINS, M. T. Methods of estimating the performance of double crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 26, p. 199-204. 1934.
29. JENKINS, M. T. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. **Iowa State Journal Science**, Iowa, v 3, p. 429-450, 1935.
30. JENKINS, M. T.; BRUNSON, A. M. Methods of testing inbred lines of maize in crossbred combinations. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.24, p. 523-530. 1932.
31. GAMA, E. E. G; HALLAUER, A. R.; FERRÃO, R. G. AND BARBOSA, D. M. Heterosis in maize single cross derived from a yellow Tuxpeño variety in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.18, p. 81-85, 1995.
32. GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 10 ed., 1982. 430p.
33. HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468p.
34. HALLAUER, A. R. Methods used in developing maize inbreds. **Maydica**, Bergamo, v.35, p. 1-16, 1990.
35. IAPAR - INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994, 49p. (IAPAR. Documento, 18).
36. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: v.58, p. 3-43, 1999.
37. LAURIE, D. A.; REYMONDIE, S. High frequencies of fertilization and haploid seedling production in crosses between commercial hexaploid wheat varieties and maize. **Plant Breeding**, Berlim, v.106, p. 182-89, 1991.
38. LOPES, M. A; GAMA, E. G; VIANNA, R. T; SOUZA, I. R. P. Heterose e Capacidade de combinação para produção de espigas em cruzamentos dialélicos de seis variedades de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p. 349-354, 1985.
39. MCCOY, T. J.; PHILLIPS, R. L. Chromosome stability in maize (*Zea mays*) tissue cultures and sectoring in some regenerated plants. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v.24, p.559-565, 1982.

40. MODA-CIRINO, V.; RIEDE, C. R. Aspectos gerais de biotecnologia e cultura de tecidos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Coord.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Editora UEL, 1999. p. 543-612.
41. NASS, L. L. Combining ability of maize inbred lines evaluated in three environments in Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, p. 129-134, 2000.
42. OLIVEIRA, A. B., RINES, H. W; RASMUSON, D. C. Evaluation of alternative gelling agents in anther culture of midwest spring barley cultivars. **Barley Newsletter**, v.35, p. 69-70, 1992.
43. PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento de milho. In: BOREM, A. (Coord.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. p. 429-485.
44. PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; SAWAZAKI, E.; DUDIENAS, C.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B. Diallel crosses among maize lines with emphasis on resistance to foliar diseases. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, p. 381-385, 2000.
45. PESCITELI, S. M.; JOHNSON, C. D. , JONES, A. M.; PAREDDY, D. R.; PETOLINO, J. F. Isolated microspore culture of maize: effects of isolation technique, reduced temperature, and sucrose level. **Plant Cell Reports**, Berlim , v.8, p. 628-31, 1990.
46. PETERS, J. A.; BOBROWSKY, V. L.; ROSINHA, G. M. S. Produção de haplóides e duplo haplóides. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Coord.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA, 1988. p.569-595. Volume II.
47. PETOLINO, J. F.; JONES, A. M. Anther culture of elite genotypes of maize. **Crop Science**, Madison, v.8, p. 628-631, 1990.
48. RAO, P. S.; SUPRASANA, P. Methods to double haploid chromosome numbers. In: JAIN, S. M.; SOPORY, S. K.; VEILLEUX, R. E. (Coord.). **In vitro haploid production in higher plants**. London: Editora Kluwer Academic Publishers, 1996, p. 317-339. Volume I.
49. RAWLINGS, J. O.; THOMPSON, D. L. Performance level as criterion for the choice of maize testers. **Crop Science**, Madison, v.2, p. 217-220, 1962.
50. RISSI, R.; HALLAUER, A. R. Evaluation of four testers for evaluating maize (*Zea mays* L.) lines in a hybrid development program. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.14, p. 467-481, 1991.
51. RONZELLI JÚNIOR, P. **Melhoramento genético de plantas**. Curitiba: Pedro Ronzelli Jr., 1996. 219p.
52. SHULL, G. H. A pure line method of corn breeding. **American Breeders Association**, v. 5, p. 51-59. 1909.

53. SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General x specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.34, p. 923-932, 1942.
54. SPRAGUE, G. F. Early testing of inbred lines of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.38, p. 108-117, 1946<sup>a</sup>.
55. TING, Y. C.; GU, M. G. Genetic ability of anther callus lines and progeny plants of maize. **American Journal of Botany**, Columbus, v.7, p. 867-873, 1990.
56. TROYER, A. F. Breeding widely adapted, popular maize hybrids. **Euphytica**, Dordrecht, v.92, p. 163-174, 1996.
57. VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica aplicada ao fitomelhoramento**. Ribeirão Preto : Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
58. VENCOVSKY, R. Herança Quantitativa. In: Paterniani, E. (Coord.) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, p. 135-214.
59. VIEGAS, P. G.; MIRANDA FILHO, J. B. Milho híbrido. In: Paterniani, E. (Coord.) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, p. 257-309.

## ANEXOS

ANEXO 1 – Análise de variância dos dados referentes a rendimento de grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga, do Experimento 1, Estação de Pesquisa Zeneca Sementes, Castro, PR, 1999/2000

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		Rendimento	Altura de Planta	Altura de Inserção de Espiga
Blocos	2	0,251	25,417	12,917
Tratamentos	19	1,721**	172,281**	321,140**
Testemunhas (8480/8392)	1	0,270	66,667*	66,667
Testemunhas vs Cruzamentos	1	3,975**	214,074**	1.275,741**
Cruzamentos	17	1,674**	176,035**	279,956**
CG Testadores	1	11,507**	118,519**	668,519**
CG Linhagens	8	1,516**	308,449**	413,657**
CE Testadores x Linhagens	8	0,604	50,810**	97,685**
Resíduo	38	0,314	11,820	28,706
Total	59			
Coeficiente de Variação (%)		5,42	1,50	4,36

\* = F significativo a 5% de probabilidade.

\*\* = F significativo a 1% de probabilidade.

ANEXO 2 – Análise de variância dos dados referentes a rendimento de grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga, do Experimento 2, Fazenda Calógeras, Arapoti, PR, 1999/2000

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		Rendimento	Altura de Planta	Altura de Inserção de Espiga
Blocos	2	22,122**	801,667**	421,250**
Tratamentos	19	2,889**	110,943**	31,140
Testemunhas (8480/8392)	1	0,670	150,000	16,667
Testemunhas vs cruzamentos	1	1,672	5,602	4,630
Cruzamentos	17	3,091**	114,842**	33,551
CG Testadores	1	6,794*	289,352*	1,852
CG Linhagens	8	3,952**	140,394**	51,505*
CE Testadores x linhagens	8	1,767	67,477	19,560
Resíduo	38	1,171	41,140	19,496
Total	59			
Coeficiente de Variação (%)		10,37	3,65	4,53

\* = F significativo a 5% de probabilidade.

\*\* = F significativo a 1% de probabilidade.